

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-316214

(43) 公開日 平成8年(1996)11月29日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3065			H 0 1 L 21/302	B
C 2 3 C 14/24			C 2 3 C 14/24	T
		16/50		
C 2 3 F 4/00			C 2 3 F 4/00	A
H 0 1 L 21/205			H 0 1 L 21/205	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-124805

(22) 出願日 平成7年(1995)5月24日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(71) 出願人 595073591

アステック株式会社

東京都新宿区高田馬場 4-39-7 高田馬

場2ビル

(72) 発明者 奥村 智洋

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 石原 勝

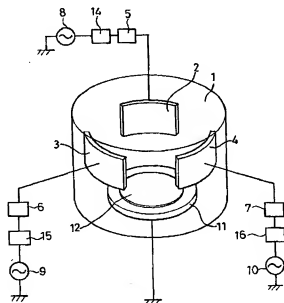
最終頁に続く

#### (54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

##### (57) 【要約】

【目的】 電極用高周波電源に戻る反射電力を減少させ、自動マッチングの正常な動作を確保する。

【構成】 真空容器1内に配置した3つ以上の電極2、3、4の各々をマッチング回路5、6、7を介して電極用高周波電源8、9、10と接続し、各電極2、3、4の各々に位相が配置順に異なる高周波電圧を印加してプラズマを発生させ、真空容器1内に設けた試料台11に載置された基板12を処理するプラズマ処理装置において、各々の電極用高周波電源2、3、4とマッチング回路5、6、7との間、又は電極2、3、4とマッチング回路5、6、7との間に、遮断周波数が各電極2、3、4に印加する高周波電圧の周波数より大きいローパス・フィルタ14、15、16やバンドパス・フィルタを挿入した。



- 1...真空容器  
2、3、4...電極  
5、6、7...マッチング回路  
8、9、10...電極用高周波電源  
11...試料台  
12...基板  
14、15、16...ローパス・フィルタ

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空容器内に3つ以上の電極が配置され、各電極がそれぞれマッチング回路を介して電極用高周波電源と接続されており、3つ以上の電極の各々に位相が配置順に異なる高周波電圧を印加してプラズマを発生させ、真空容器内に設けた試料台上に設置された基板を処理するプラズマ処理装置であって、各々の電極用高周波電源とマッチング回路との間に、遮断周波数が各電極に印加する高周波電圧の周波数より大きいローパス・フィルタを挿入したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 真空容器内に3つ以上の電極が配置され、各電極がそれぞれマッチング回路を介して電極用高周波電源と接続されており、3つ以上の電極の各々に位相が配置順に異なる高周波電圧を印加してプラズマを発生させ、真空容器内に設けた試料台上に設置された基板を処理するプラズマ処理装置であって、各々のマッチング回路と電極との間に、遮断周波数が各電極に印加する高周波電圧の周波数より大きいローパス・フィルタを挿入したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項3】 ローパス・フィルタの遮断周波数が各電極に印加する高周波電圧の周波数の2倍より小さいことを特徴とする請求項1又は2記載のプラズマ処理装置。

【請求項4】 試料台上に高周波電圧を印加する手段を有することを特徴とする請求項1又は2記載のプラズマ処理装置。

【請求項5】 真空容器内に3つ以上の電極が配置され、各電極がそれぞれマッチング回路を介して電極用高周波電源と接続されており、3つ以上の電極の各々に位相が配置順に異なる高周波電圧を印加してプラズマを発生させ、真空容器内に設けた試料台上に設置された基板を処理するプラズマ処理装置であって、試料台上に各電極に印加する高周波電圧よりも周波数の低い高周波電圧を印加する手段を有し、各々の電極用高周波電源とマッチング回路との間に、低域遮断周波数が試料台上に印加する高周波電圧の周波数より大きくかつ各電極に印加する高周波電圧の周波数より小さく、高域遮断周波数が各電極に印加する高周波電圧の周波数より大きいバンドパス・フィルタを挿入したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項6】 真空容器内に3つ以上の電極が配置され、各電極のそれぞれマッチング回路を介して電極用高周波電源と接続されており、3つ以上の電極の各々に位相が配置順に異なる高周波電圧を印加してプラズマを発生させ、真空容器内に設けた試料台上に設置された基板を処理するプラズマ処理装置であって、試料台上に各電極に印加する高周波電圧よりも周波数の低い高周波電圧を印加する手段を有し、各々のマッチング回路と電極との間に、低域遮断周波数が試料台上に印加する高周波電圧の周波数より大きくかつ各電極に印加する高周波電圧の周波数より小さく、高域遮断周波数が各電極に印加する高周波電圧の周波数より大きいバンドパス・フィルタを挿入

したことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項7】 バンドパス・フィルタの高域遮断周波数が各電極に印加する高周波電圧の周波数の2倍より小さいことを特徴とする請求項5又は6記載のプラズマ処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ドライエッチング装置、プラズマCVD装置、スパッタリング装置等のプラズマ処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体素子の微細化に対応して、ドライエッチング技術においては高アスペクト比の加工等を実現するために、またプラズマCVD技術においては高アスペクト比の埋め込み等を実現するために、より高真空でプラズマ処理を行なうことが求められている。

【0003】ドライエッチング装置の場合は、高真空においてプラズマを発生させると、基板表面に形成されるイオンシース中でイオンがイオン又は他の中性ガス粒子と衝突する確率が小さくなるために、イオンの方向性が基板に向かって揃い、エッチング異方性が高められ、高アスペクト比の加工が可能となる。

【0004】また、プラズマCVDの場合は、高真空においてプラズマを発生させると、イオンによるスパッタリング効果によって微細パターンの埋め込みと平坦化作用が得られ、高アスペクト比の埋め込みが可能になる。

【0005】高真空においてプラズマを発生させることができるプラズマ処理装置の1つとして、リサーチ・エレクトロン・プラズマ処理装置がある。図5に、リサーチ・エレクトロン・プラズマ処理装置の構成図を示す。

【0006】図5において、真空容器1内に3つの電極2、3、4が配置され、各電極2、3、4にはマッチング回路5、6、7を介して電極用高周波電源8、9、10が接続されている。電極用高周波電源8、9、10により電極2、3、4に印加される高周波電圧は、振幅がほぼ等しくかつ位相が互いに120°づつずらされている。

【0007】真空容器1内に適当なガスを導入しつつ排気を行い、真空容器1内を適当な圧力に保ちながら、電極用高周波電源8、9、10により高周波電圧を電極2、3、4に印加すると、真空容器1内にプラズマが発生し、試料台11に設置された基板12に対してエッチング、堆積、表面改質等のプラズマ処理を行なうことができる。

【0008】このとき、図5に示すように、試料台11にも試料台用高周波電源13により高周波電圧を印加することで、基板12に到達するイオンエネルギーを制御することができる。なお、リサーチ・エレクトロン・プラズマ処理装置については、特開平4-215430

号公報に詳しく開示されている。

【0009】また、リサージュ・エレクトロン・プラズマ処理装置に限らず、真空容器内に3つ以上の電極を配置し、3つ以上の電極の各々をマッチング回路を介して電極用高周波電源と接続し、3つ以上の電極の各々に位相が配置順に異なる高周波電源を印加してプラズマを発生させ、真空容器内に設けた試料台に設置された基板を処理するようにしたプラズマ処理装置には様々なタイプのものがある。例えばマルチ・ターゲット式のスパッタリング装置では3つ以上のスパッタリング・ターゲットがそのまま電極として用いられている。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図5に示した構成のプラズマ処理装置では、各マッチング回路5、6、7を最適な状態に制御しても、各電極2、3、4への投入電力の10%程度の反射電力が各高周波電源8、9、10に戻ってしまう。反射電力がある大きさに達すると、電極用高周波電源8、9、10を破損する恐れがあるため、10%もの反射電力が発生してしまうと、例えば処理速度を増すために大きい電力を投入したい場合でもできないという問題があった。

【0011】また、一般に高周波電源を用いるプラズマ処理装置では、マッチング回路に設けたプローブからの信号をマッチング回路制御装置（図5には図示せず）へフィードバックし、自動的にマッチング回路を最適な状態に制御（以下、これを自動マッチングと呼ぶ）しているが、図5に示した方式では自動マッチングがうまく動作せず、反射電力計の指示値を見ながら手動でマッチング回路を操作しなければならないという問題点があった。

【0012】さらに、図5に示した方式のプラズマ処理装置において、試料台11にも試料台用高周波電源13により高周波電圧を印加した場合、試料台11に高周波電圧を印加しない場合に比べて反射電力がより大きくなる傾向があった。

【0013】本発明は、上記従来の問題点に鑑み、電極用高周波電源に戻る反射電力を減少させることができ、自動マッチングの正常な動作を確保することができるプラズマ処理装置を提供することを目的としている。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】本願の第1発明のプラズマ処理装置は、真空容器内に3つ以上の電極が配置され、各電極のそれぞれがマッチング回路を介して電極用高周波電源と接続されており、3つ以上の電極の各々に位相が配置順に異なる高周波電圧を印加してプラズマを発生させ、真空容器内に設けた試料台に設置された基板を処理するプラズマ処理装置であって、各々の電極用高周波電源とマッチング回路との間に、遮断周波数が各電極に印加する高周波電圧の周波数より大きいローパス・フィルタを挿入したことを特徴とする。

【0015】本願の第2発明のプラズマ処理装置は、第1発明と同様のローパス・フィルタをマッチング回路と電極との間に挿入したことを特徴とする。

【0016】上記ローパス・フィルタの遮断周波数は各電極に印加する高周波電圧の周波数の2倍より小さいことが好ましく、また試料台に高周波電圧を印加する手段を有することが好ましい。

【0017】本願の第3発明のプラズマ処理装置は、試料台に各電極に印加する高周波電圧よりも電極用高周波電源とマッチング回路との間に、低域遮断周波数が試料台に印加する高周波電圧の周波数より大きくかつ各電極に印加する高周波電圧の周波数より小さく、高域遮断周波数が各電極に印加する高周波電圧の周波数より大きいバンドパス・フィルタを挿入したことを特徴とする。

【0018】本願の第4発明のプラズマ処理装置は、第3発明と同様のバンドパス・フィルタをマッチング回路と電極との間に挿入したことを特徴とする。

【0019】上記バンドパス・フィルタの高域遮断周波数は各電極に印加する高周波電圧の周波数の2倍より小さいことが好ましい。

#### 【0020】

【作用】リサージュ・エレクトロン・プラズマ処理装置等において、大きな反射電力が発生する原因は従来明らかでなかったが、本発明者等は反射電力波形を分析することによって、反射電力は電極に印加する高周波電圧の高調波成分が支配的であることを突き止めた。また、自動マッチングの動作を妨げているのもこの高調波成分からなる反射電力であることがわかった。

【0021】したがって、本願の第1発明によれば、各々の電極用高周波電源とマッチング回路との間に、遮断周波数が電極に印加する高周波電圧の周波数より大きいローパス・フィルタを挿入しているため、電極用高周波電源まで戻る反射電力を減少させることができる。

【0022】また、本願の第2発明によれば、各々のマッチング回路と電極との間に同様のローパス・フィルタを挿入しているため、電極用高周波電源まで戻る反射電力を減少させることができると同時に、プラズマ発生条件にもよるが、自動マッチングの正常な動作を確保することができる。

【0023】また、上記第1、第2発明において、ローパス・フィルタの遮断周波数を電極に印加する高周波電圧の周波数の2倍より小さくすれば、反射電力の周波数成分のうち最も大きい2倍調波成分を遮断することができるため、反射電力の減少、及び自動マッチング動作の正常化をより一層図ることができる。また、試料台に高周波電圧を印加する手段を設けると、基板に到達するイオンエネルギーを制御することができる。

【0024】また、本願の第3発明によれば、各々の電極用高周波電源とマッチング回路との間に、低域遮断周

波数が試料台に印加する高周波電圧の周波数より大きくかつ各電極に印加する高周波電圧の周波数より小さく、高域遮断周波数が各電極に印加する高周波電圧の周波数より大きいバンドパス・フィルタを挿入しているため、基板に到達するイオンエネルギーを制御しながら電極用高周波電源まで戻る反射電力を減少させることができる。

【0025】また、本願の第4発明によれば、各々のマッチング回路と電極との間に同様のバンドパス・フィルタを挿入しているため、基板に到達するイオンエネルギーを制御しながら電極用高周波電源まで戻る反射電力を減少させることができると同時に、プラズマ発生条件にもよるが、自動マッチングの正常な動作を確保することができる。

【0026】また、第3、第4発明においても、バンドパス・フィルタの高域遮断周波数を電極に印加する高周波電圧の周波数の2倍より小さくすれば、反射電力の周波数成分のうち最も大きい2倍調波成分を遮断することができるため、反射電力の減少、及び自動マッチング動作の正常化をより一層図ることができる。

【0027】

【実施例】以下、本発明のプラズマ処理装置を、プラズマCVD法によるシリコン酸化膜の形成に適用した第1実施例について、図1を参照して説明する。

【0028】本実施例のプラズマ処理装置の構成を示す図1において、真空容器1内に3つの電極2、3、4が配置され、各電極2、3、4にはマッチング回路5、6、7を介して電極用高周波電源8、9、10が接続されている。電極用高周波電源8、9、10により電極2、3、4に印加される高周波電圧は振幅がほぼ等しく、位相が互いに120°づつずらされており、その周波数は60MHzである。電極用高周波電源8、9、10とマッチング回路5、6、7との間には、遮断周波数が65MHzのローパス・フィルタ14、15、16が挿入されている。

【0029】真空容器1内にSiH<sub>4</sub>ガスを10sccm、O<sub>2</sub>ガスを20sccm導入しつつ排気を行い、真空容器1内を30mTorrに保ちながら、電極用高周波電源8、9、10により高周波電圧を電極2、3、4に印加すると、真空容器1内にプラズマが発生し、試料台11に載置された基板12に対してシリコン酸化膜の堆積を行なうことができた。各電極2、3、4には高周波電力をそれぞれ200Wづつ投入し、マッチング回路5、6、7の制御は手動で行なったが、各電極用高周波電源8、9、10に戻った反射電力は1W以下であった。

【0030】比較のために、ローパス・フィルタ14、15、16を取り除いて同様の実験を行なったところ、各電極用高周波電源に戻った反射電力は15〜25Wであった。

【0031】次に、本発明のプラズマ処理装置を、プラズマCVD法によるシリコン酸化膜の形成に適用した第2実施例について、図2を参照して説明する。なお、図1に示した第1実施例と同一の構成要素については同一の参照番号を付して説明は省略する。

【0032】本実施例においては、電極用高周波電源8、9、10の周波数は50MHzであり、マッチング回路5、6、7と電極2、3、4の間に、遮断周波数が55MHzのローパス・フィルタ14、15、16が挿入されている。

【0033】真空容器1内にSiH<sub>4</sub>ガスを10sccm、O<sub>2</sub>ガスを20sccm導入しつつ排気を行い、真空容器1内を30mTorrに保ちながら、電極用高周波電源8、9、10により高周波電圧を電極2、3、4に印加すると、真空容器1内にプラズマが発生し、試料台11に載置された基板12に対してシリコン酸化膜の堆積を行なうことができた。各電極2、3、4には高周波電力をそれぞれ200Wづつ投入し、マッチング回路5、6、7の制御は自動で行なったが、各電極用高周波電源8、9、10に戻った反射電力は1W以下であった。

【0034】比較のために、ローパス・フィルタ14、15、16を取り除いて同様の実験を行なったところ、各電極用高周波電源に戻った反射電力は15〜25Wであった。また、マッチング回路の制御は自動で行なうことができなかった。

【0035】次に、本発明のプラズマ処理装置を、シリコン酸化膜のドライエッチングに適用した第3実施例について、図3を参照して説明する。なお、図1に示した第1実施例と同一の構成要素については同一の参照番号を付して説明は省略する。

【0036】本実施例においては、試料台11に試料台用高周波電源13により13.56MHzの高周波電圧が印加される。電極用高周波電源8、9、10とマッチング回路5、6、7との間に、低域遮断周波数が55MHzで、高域遮断周波数が65MHzであるバンドパス・フィルタ17、18、19が挿入されている。

【0037】真空容器1内にCHF<sub>3</sub>ガスを30sccm導入しつつ排気を行い、真空容器1内を50mTorrに保ちながら、電極用高周波電源8、9、10により高周波電圧を電極2、3、4に印加すると、真空容器1内にプラズマが発生し、試料台11に載置された基板12上のシリコン酸化膜のエッチングを行なうことができた。各電極2、3、4には高周波電力をそれぞれ200Wづつ投入し、試料台11には150Wの高周波電力を投入し、マッチング回路5、6、7の制御は手動で行なったが、各電極用高周波電源8、9、10に戻った反射電力は1W以下であった。

【0038】比較のために、バンドパス・フィルタ17、18、19を取り除いて同様の実験を行なったところ

ろ、各電極用高周波電源に戻った反射電力は20~30 Wであった。

【0039】次に、本発明のプラズマ処理装置を、シリコン酸化膜のドライエッチングに適用した第4実施例について、図4を参照して説明する。なお、図3に示した第3実施例と同一の構成要素については同一の参照番号を付して説明は省略する。

【0040】本実施例においては、電極用高周波電源8、9、10の周波数は50MHzであり、マッチング回路5、6、7と電極2、3、4の間に、低域遮断周波数が45MHzで、高域遮断周波数が55MHzのバンドパス・フィルタ17、18、19が挿入されている。

【0041】真空容器1内に $\text{CHF}_3$ ガスを30sccm導入しつつ排気を行い、真空容器1内を50mTorrに保ちながら、電極用高周波電源8、9、10により高周波電圧を電極2、3、4に印加すると、真空容器1内にプラズマが発生し、試料台11に設置された基板12上のシリコン酸化膜のエッチングを行なうことができた。各電極2、3、4には高周波電力をそれぞれ200Wづつ投入し、試料台11には150Wの高周波電力を投入し、マッチング回路5、6、7の制御は自動で行なったが、各電極用高周波電源8、9、10に戻った反射電力は1W以下であった。

【0042】比較のために、バンドパス・フィルタ17、18、19を取り除いて同様の実験を行なったところ、各電極用高周波電源に戻った反射電力は20~30Wであった。また、マッチング回路の制御は自動で行なうことができなかった。

【0043】上記各実施例では、プラズマCVD装置、ドライエッチング装置に本発明を適用した例について述べたが、本発明の適用範囲はこれに限定されるものではない。例えば、スパッタリング装置、イオン注入装置、ドーピング装置等にも適用可能である。

【0044】また、上記各実施例では電極数が3つの場合を例に挙げて説明したが、電極数が4つ以上の場合にも同様の効果を得ることができる。

【0045】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本願の第1発明のプラズマ処理装置によれば、電極用高周波電源とマッチング回路との間に、遮断周波数が電極に印加する高周波電圧の周波数より大きいローパス・フィルタを挿入しているため、電極用高周波電源まで戻る反射電力を減少させることができる。

【0046】また、本願の第2発明によれば、各々のマッチング回路と電極との間に同様のローパス・フィルタを挿入しているため、電極用高周波電源まで戻る反射電力を減少させることができると同時に、プラズマ発生条件にもよるが、自動マッチングの正常な動作を確保することができる。

【0047】また、上記第1、第2発明において、ロー

パス・フィルタの遮断周波数を電極に印加する高周波電圧の周波数の2倍より小さくすれば、反射電力の周波数成分のうち最も大きい2倍調波成分を遮断することができるため、反射電力の減少、及び自動マッチング動作の正常化をより一層図ることができる。また、試料台に高周波電圧を印加する手段を設けると、基板に到達するイオンエネルギーを制御することができる。

【0048】また、本願の第3発明によれば、各々の電極用高周波電源とマッチング回路との間に、低域遮断周波数が試料台に印加する高周波電圧の周波数より大きくかつ各電極に印加する高周波電圧の周波数より小さく、高域遮断周波数が各電極に印加する高周波電圧の周波数より大きいバンドパス・フィルタを挿入しているため、基板に到達するイオンエネルギーを制御しながら電極用高周波電源まで戻る反射電力を減少させることができる。

【0049】また、本願の第4発明によれば、各々のマッチング回路と電極との間に同様のバンドパス・フィルタを挿入しているため、基板に到達するイオンエネルギーを制御しながら電極用高周波電源まで戻る反射電力を減少させることができると同時に、プラズマ発生条件にもよるが、自動マッチングの正常な動作を確保することができる。

【0050】また、第3、第4発明においても、バンドパス・フィルタの高域遮断周波数を電極に印加する高周波電圧の周波数の2倍より小さくすれば、反射電力の周波数成分のうち最も大きい2倍調波成分を遮断することができるため、反射電力の減少、及び自動マッチング動作の正常化をより一層図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例におけるプラズマ処理装置の構成図である。

【図2】本発明の第2実施例におけるプラズマ処理装置の構成図である。

【図3】本発明の第3実施例におけるプラズマ処理装置の構成図である。

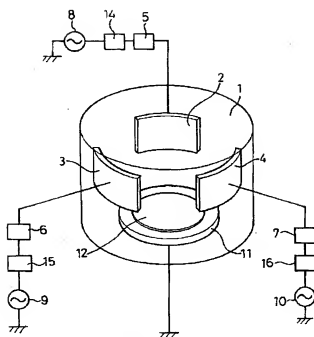
【図4】本発明の第4実施例におけるプラズマ処理装置の構成図である。

【図5】従来例におけるプラズマ処理装置の構成図である。

【符号の説明】

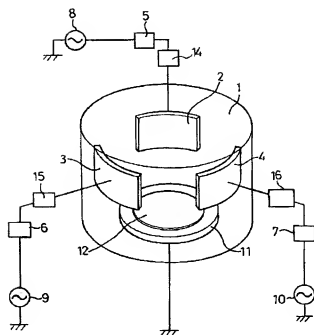
- 1 真空容器
- 2、3、4 電極
- 5、6、7 マッチング回路
- 8、9、10 電極用高周波電源
- 11 試料台
- 12 基板
- 14、15、16 ローパス・フィルタ
- 17、18、19 バンドパス・フィルタ

【図1】

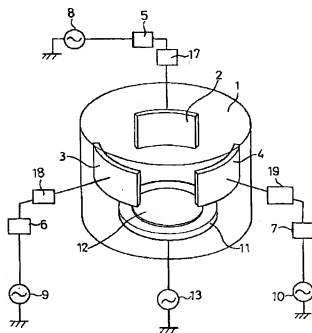


- 1…真空管  
2、3、4…電極  
5、6、7…マッティング回路  
8、9、10…電圧用高周波電源  
11…結合台  
12…基板  
14、15、16…ローパス・フィルタ

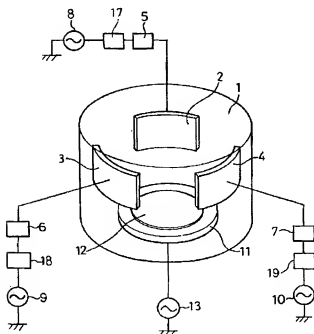
【図2】



【図4】

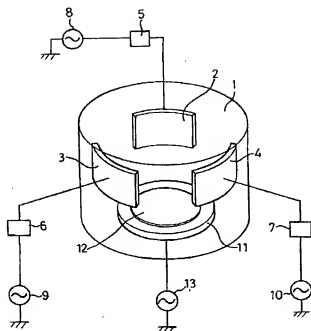


【図3】



- 17、18、19…バンドパス・フィルタ

【図5】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 L 21/31

H 0 5 H 1/46

識別記号

庁内整理番号

9216-2G

F I

H 0 1 L 21/31

H 0 5 H 1/46

技術表示箇所

C

A

- (72)発明者 中山 一郎  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内
- (72)発明者 柳 義弘  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

- (72)発明者 鈴木 正樹  
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内
- (72)発明者 川上 秀一  
東京都新宿区高田馬場 4-39-7 高田馬  
場21ビルアステック株式会社内